Pedobiologia, Bd. 13, S. 353–360 (1973)

Humusform und Testaceen-Besatz

W. Schönborn

Mit 3 Abbildungen

(Angenommen am 21. II. 1973)

1. Einleitung

Während quantitative Vergleiche zwischen den Individuendichten der Testaceen in milden, leicht zersetzbaren (Mull) und sauren, schwer zersetzbaren (Moder, Rohhumus) Humusformen mehrfach durchgeführt wurden (Volz 1951, 1967; Heal 1964; Schönborn 1965; Bamforth 1967, 1971; Stout 1968), gibt es nennenswerte Untersuchungen über die qualitativen Unterschiede in der Besiedlung der Humusformen und Bodentypen nur in Frankreich durch die Arbeiten von Bonnet und Thomas (vgl. Bonnet 1964). Bonnet hat ein umfangreiches soziologisch-hierarchisches System der Boden-Testaceen entwickelt. In der vorliegenden Arbeit beschränkt sich die Abgrenzung von Testaceen-Gemeinschaften auf die drei oben genannten Humusformen. Dies ist zunächst völlig ausreichend, da auch Bonnet (1964) die Art des Humus, hauptsächlich gekennzeichnet durch ihr CN-Verhältnis, als den wichtigsten Faktor für die Verteilung der Arten ansieht. In entwickelten Böden sind die Testaceen-Gemeinschaften weitgehend unabhängig vom Muttergestein. Auch der Feuchtigkeitsgrad des Bodens spielt eine Rolle für die Arten-Verteilung, doch lassen sich der Einfluß des CN-Verhältnisses und der des Feuchtigkeitsgrades nicht immer klar trennen, da z. B. Rohhumusböden oft auch relativ trocken sind. Dies könnte auch das gehäufte Auftreten von Arten mit xeromorphen Merkmalen in diesen Böden erklären.

Mit dem qualitativen wird auch gleichzeitig ein quantitativer Vergleich der Besiedlung der Böden unterschiedlicher Humusformen durchgeführt, um auf der Grundlage der bisher bekannten Ergebnisse ihre Verallgemeinerungsfähigkeit prüfen zu können.

2. Methodik

Die vorliegende Arbeit basiert auf der Untersuchung von 7 verschiedenen Waldböden (Tabelle 1). Mit einer Metallröhre wurden aus dem Boden Bohrkerne ausgestochen, die, soweit vorhanden, Material aus allen organischen Horizonten enthielten (Förna, Vermoderungs- und Humushorizont). Die ausgestochenen Säulen wurden bei +105 °C getrocknet, gemörsert und anschließend elementaranalytisch auf ihren Gehalt an organisch gebundenen Kohlenstoff und Stickstoff untersucht. Das aus den ermittelten Werten berechnete CN-Verhältnis (Tabelle 1) ist also ein Durchschnittswert aus allen vorhandenen Horizonten. Die Bestimmung der Humusform erfolgte nach dem CN-Verhältnis und nach morphologischen Merkmalen der F- und H-Horizonte. Für die quantitative Analyse der Testaceen-Gemeinschaften wurden Pipetten benutzt, deren Spitzen bis zu einer eingeritzten Marke ein Volumen von etwa 0,05 ml faßten (vgl. Schönborn, 1968). Für grobe Böden nimmt man zweckmäßig Pipetten mit einem Entnahme-Volumen von 0,1 ml. Mit Hilfe dieser Pipetten wurden aus dem Vermoderungshorizont und (oder) dem Humushorizont 40 bzw. 20 Proben gestochen, so daß das Gesamtvolumen für jeden Boden immer 2 ml betrug.

Im Labor wurden die gefüllten Pipetten vorsichtig in einem Wasser enthaltenden Blockschälchen ausgespült. Anschließend erfolgte unter dem Mikroskop die Auszählung.

3. Abgrenzung von Testaceen-Gemeinschaften der Humusformen Mull, Moder und Rohhumus

Die Tabelle 1 informiert über das qualitative und quantitative Ergebnis der Analyse der untersuchten Waldböden. Es lassen sich danach eindeutig eine Testaceen-Gemeinschaft für Mull (milden, leicht zersetzbaren Humus) und eine für Moder und Rohhumus (sauren, schwer zersetzbaren Humus) unterscheiden. Eine größere Anzahl von Arten ist für die Humusformen indifferent. Für die in der Tabelle nicht umrandeten Arten läßt sich noch keine Aussage treffen.

Als Charakterarten für Mull können gelten: *Geopyxella sylvicola*, *Paraquadrula discoides*, *Centropyxis elongata*, *Centropyxis plagiostoma* und *Plagiopyxis minuta* var. *phanerostoma*. Darunter sind *Geopyxella sylvicola* und *Paraquadrula* kennzeichnend für stark kalkhaltige Mullböden, Rendzinen. *Plagiopyxis minuta*, die ich fast ausschließlich in Mullböden fand, kommt nach Angaben in der Literatur auch in allen anderen Böden vor. Auch kommt *Centropyxis elongata* nicht nur in Rendzinen, sondern in allen Mullböden vor (Bonnet et Thomas 1960; Heal 1964).

Als Charakterarten für Moder und Rohhumus können gelten: *Centropyxis serrahni*, *Trigonopyxis arcula*, *Plagiopyxis declivis*, *Plagiopyxis callida*, *Nebela collaris*, *Difflugiella vulgaris*, *Assulina*, *Corythion* und *Plagiopyxis labiata*. Darunter ist *Plagiopyxis labiata* kennzeichnend für Rohhumusböden.

Die Art, die in allen Humusformen in hoher Dichte vorkommt, ist *Phryganella acropodia*.

Die Einordnung der Arten *Plagiopyxis intermedia*, *Euglypha compressa* var. *glabra* und *Trinema galeata* in der Tabelle erfolgte nach Angaben aus der Literatur, vor allem nach denen von Bonnet et Thomas (1960). Das vorliegende Ergebnis bestätigt im wesentlichen die Herausarbeitung der Gemeinschaften durch Bonnet et Thomas (1960) und Bonnet (1964). Eine Abweichung besteht lediglich darin, daß Bonnet (1964) getrennte Gemeinschaften für Moder und Rohhumus aufstellte. Vergleicht man die Ergebnisse Bonnet's mit den hier ermittelten, so bleiben als Gemeinsamkeiten bestehen:

Plagiopyxis declivis, *Trigonopyxis arcula*, *Assulina* und *Corythion* sind Charakterarten für saure, schwer zersetzbare Humusformen. *Plagiopyxis labiata* ist kennzeichnend für Rohhumus.

Diese Gemeinschaften scheinen weitverbreitet zu sein, wie erste Hinweise für ihr Vorkommen im Hohen Norden (Lappland) zeigten (Schönborn 1966). Auch Stout (1968) bemerkt, daß *Nebela* und *Trigonopyxis* bevorzugt in Rohhumusböden vorkommen, wenig dagegen in Mull.

Die weite Verbreitung von *Phryganella acropodia* veranlaßte Bonnet, die gesamte Gemeinschaft der Boden-Testaceen als „Phryganelletea" zu bezeichnen. Diese Häufigkeit von *Ph. acropodia* war seit Volz (1934) schon mehreren Autoren aufgefallen. Daß es schwer ist, Moder und Rohhumus durch eindeutige Charakterarten zu trennen, zeigen eine Reihe von Arbeiten. So fanden z. B. Szabó u. Mitarbeiter (1964) in einem tonarmen Kalkboden, der eine Übergangsform zwischen Mull und Rohhumus besaß, die Arten *Corythion dubium* und *Nebela collaris*. Heal (1964) nennt *Corythion* und *Trigonopyxis* als häufig für Moderböden.

Die bloße Anwesenheit von Charakterarten in einer Humusform ist nicht nur von den diese Humusformen bestimmenden Faktoren abhängig. So wurden in dem Mullboden des Holunder-Schwarzerle-Bestandes, dem die Analyse in Tabelle 1 entstammt, mehrere Proben entnommen, die in ihrer Bodenqualität und Struktur identisch schienen, aber im Artenbestand völlig voneinander abwichen. In den Proben, die nur in einem Abstand von etwa 1 m entnommen wurden, war einmal die Charakterart *Centropyxis plagiostoma* in hoher Dichte vorhanden, das andere Mal aber fehlte sie völlig und war durch die eurytope *Centropyxis laevigata* ersetzt. Solche „Herdbildungen" scheinen zufallsbedingt zu

Tabelle 1 Artenzahl und Individuendichte der Testaceen in je 1 *ml* Mull, Moder und Rohhumus. Indikatorarten und humusform-indifferente Arten
Numbers of species and individuals of Testacea in *ml* mull, moder and mor. Indicators and indifferent species to kinds of humus

Humusform	Mull (Rendzina)	Mull	Mull	Moder	Moder	Moderartiger Rohhumus	Rohhumus
Wald	Esche-Robinie Muschelkalkberge	Holunder-Schwarzerle im Saaletal	Haselnuß Muschelkalkberge	Birke. Krautschicht gut ausgebildet	Rotbuche-Traubeneiche Krautschicht	Rotbuche auf Sandboden	Kiefer mit Heidelbeer-(Vaccinium)-Krautschicht
Datum/Ort	Mai 1972 Jena	Mai 1972 Jena	Mai 1972 Jena	Mai 1972 Harbke (Lappwald)	Mai 1972 Harbke (Lappwald)	April 1972 Neuglobsow Bez. Potsdam	April 1972 Neuglobsow Bez. Potsdam
C/N	19,0	18,6	19,3	23,4	26,2	25,0	30,1
*p*H (H_2O)	7,5	7,0	7,0	5,0	5,5	5,0	4,8
Arten							
Geopyxella sylvicola Bonnet & Thomas	**2**						
Paraquadrula discoides (Penard)	**5**						
Centropyxis plagiostoma Bonnet & Thomas	4	71	—		2		
C. elongata (Penard)	2	—	—				
Plagiopyxis minuta var. *phanerostoma* Bonnet	31	40	8				
P. minuta Bonnet	5	41	14				
Centropyxis serrahni Schönborn				—	—	2	14
Trigonopyxis arcula Leidy	3			—	—	350	930
Plagiopyxis declivis Thomas	1			—	—	10	22
Plagiopyxis callida Penard				—	—	142	—
Nebela collaris (Ehrenberg)				—	—	300	380
Difflugiella vulgaris (Francé)	2			—	—	8	17
Assulina muscorum Greeff	4			5	73	152	3000
Assulina seminulum (Ehrenberg)				—	—	81	2600
Corythion dubium Taranek			1	4	9	482	8500
Corythion pulchellum Penard				1	1	63	—
Plagiopyxis labiata Penard							**18**
Microchlamys patella (Claparéde et Lachmann)	—	—	64	—	19	126	—
Arcella arenaria Greeff	1	18	2	20	13	111	—
Centropyxis aerophila Deflandre	2	70	18	—	—	—	4
C. aerophila var. *sphagnicola* Deflandre	9	58	26	9	—	—	9
C. orbicularis Deflandre	1	—	—	22	56	540	83
Cyclopyxis kahli Deflandre	8	—	—	—	60	—	—
C. ambigua Bonnet & Thomas	—	—	20	—	—	—	6
C. eurystoma Deflandre	—	26	—	—	—	172	110
Plagiopyxis intermedia Bonnet	18	—	—	—	—	—	—
Phryganella acropodia (Hertwig & Lesser)	31	64	6	46	56	450	110
Euglypha laevis (Ehrenberg)	20	15	—	—	17	186	10
E. rotunda Wailes & Penard	8	55	2	93	65	92	141
E. compressa var. *glabra* Wailes	—	—	—	53	52	325	—
Tracheleuglypha dentata (Vejdovski)	—	22	—	—	—	43	—
Tracheleuglypha acolla Bonnet & Thomas	—	31	—	68	55	2	12
Trinema enchelys (Ehrenberg)	38	183	68	70	100	—	—
T. lineare Penard	127	110	124	82	97	763	260
T. complanatum Penard	32	—	—	73	70	530	183
T. penardi Thomas & Chardez	18	—	—	56	68	—	—
T. galeata Penard	—	—	—	83	56	—	—
Pseudochlamys arcelloides Penard	1						
Arcella rotundata Playfair					8		
A. discoides Ehrenberg						31	
A. catinus Penard					12		
Difflugia lucida Penard							3
Centropyxis minuta Deflandre			4				
C. ecornis (Ehrenberg)				4			
C. sylvatica var. *globulosa* Bonnet		3					
Heleopera sylvatica Penard	1			1		4	
Nebela tincta Leidy						123	
N. lageniformis Penard						14	
Difflugiella oviformis (Penard)	1					—	
Phryganella paradoxa Penard						1	
Pseudodifflugia gracilis Schlumberger						2	
Euglypha denticulata Brown						3	
E. compressa Carter						92	
E. strigosa (Ehrenberg)						2	
Valkanovia elegans (Schönborn)						3	7
V. lineare (Schönborn)						5	
Schalen/ml	375	807	365	689	868	5304	16422
Davon lebend	**210**	**170**	**160**	**200**	**140**	**400**	**900**
Zahl der Arten und Varietäten	26	15	13	17	20	33	23
Verhältnis lebender Tiere zu leeren Schalen	1:0,8	1:3,7	1:1,3	1:2,3	1:5,2	1:12,2	1:17,2

sein (SCHÖNBORN 1968). Sie sagen nichts gegen die Existenz der Assoziationen aus, die das Ergebnis eines phylogenetischen Prozesses sind, der nicht auf einer deterministischen Faktorenbindung beruht.

4. Quantitative Angaben über die Testaceen-Gemeinschaften der Böden

In der Literatur gibt es bereits eine Anzahl von Angaben über Individuendichten und auch Biomasse-Berechnungen der Boden-Testaceen. In der vorliegenden Arbeit interessiert besonders der quantitative Vergleich in der Besiedlung der unterschiedlichen Humusformen. Fast alle diesbezüglichen Angaben weisen die schwer zersetzbaren, sauren Humusformen gegenüber den Mullböden als dichter besiedelt aus.

Aus den Daten der Tabelle 1 berechnet sich ein Verhältnis von Mull- zu Rohhumusbesiedlung von etwa 1 : 5. SCHÖNBORN (1965) und VOLZ (1967) fanden ein Verhältnis von etwa 1 : 10. HEAL (1964) registrierte ein Verhältnis von 1 : 2. BAMFORTH (1971) weist nach, daß die Testaceen in Nadelwaldböden der USA eine zehn- bis zwanzigmal höhere Dichte als in Laubwaldböden haben. Fast umgekehrt verhalten sich die Dichten der Ziliaten: sie gehen stark in Nadelwaldböden zurück. Über ähnliche Verhältnisse berichtete BAMFORTH schon 1967.

Größere Differenzen bestehen zwischen den absoluten Dichteangaben mehrerer Autoren. Rechnet man die Ergebnisse, die in der Tabelle 1 für 1 ml Boden angegeben sind, in i/m², so zeigen die Mullböden eine Testaceendichte von etwa 10 Mio i/m², der Rohhumusboden dagegen zeigte eine Dichte von etwa 45 Mio i/m².

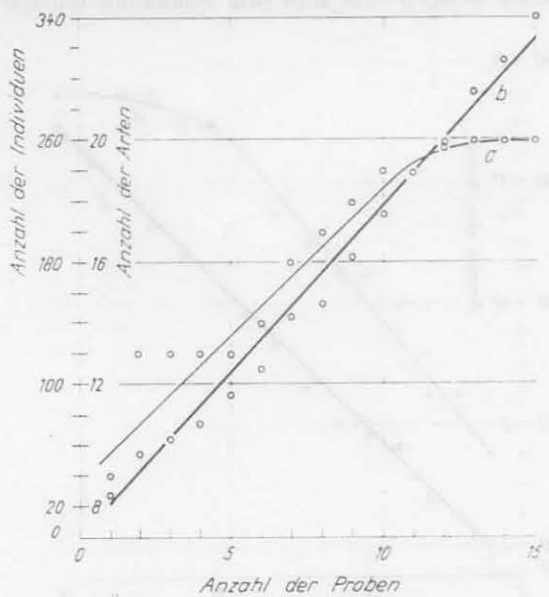

Abb. 1. (a) Artenarealkurve der Testaceen für Mull im Eschen-Robinien-Wald. Muschelkalk-Berge, Jena, Mai 1972, Probengröße 0,1 ml. Artenminimalraum 1,2 ml. (b) Lineare Zunahme der Individuendichte mit Anzahl der Proben.
(a) Curves of species-areas for mull. (Ash- and acaciawood sites. Fraxinus excelsior and Robinia pseudo-acacia; calcareous soil, Jena, May 1972.) Sample-size: 0,1 ml; minimum areas of species 1,2 ml.
(b) Linear increase of individuals by numbers of samples.

Volz (1951) und Schönborn (1962) bringen ähnliche Werte. Heal (1964) und auch Volz (1967) geben Werte an, die um ein Mehrfaches höher liegen. Solche Unterschiede können allein schon auf den Zeitpunkt der Probenentnahme zurückzuführen sein. Coûteaux (1969) wies nach, daß die Dichte der Boden-Testaceen innerhalb eines Monats um das 4fache schwanken kann, im Jahresablauf aber um das 10fache.

Den niedrigsten Dichteangaben von 5 Mio i/m² stehen Maximalwerte von 1000 Mio i/m² gegenüber, doch liegt die Mehrzahl der bisher ermittelten Werte unter 100 Mio i/m².

Den für milde und saure Humusformen unterschiedlichen Testaceen-Dichten entsprechen auch unterschiedliche Artenminimalareale. Unter dem Artenminimalareal oder -raum versteht man eine topische Einheit, auf der gerade noch alle (eukonstanten und konstanten) Arten zu finden sind. Untersucht man eine fortlaufende Reihe von Proben und trägt den Zuwachs an neu hinzukommenden Arten in ein Koordinatensystem ein, so erhält man eine „Artenarealkurve", wie sie die Abbildungen 1 und 2 zeigen. Dort, wo die Kurve in die Waagerechte umbiegt, liegt das Minimalareal. Es ist in dem dichter besiedelten moderartigen Rohhumus-Boden kleiner (0,5 m*l*), als in dem weniger dicht besiedelten Mullboden (1,2 m*l*). Das Verhältnis der Minimalräume der Testaceen zwischen Mull und Rohhumus beträgt etwa 3 : 1; die Minimalräume verhalten sich fast umgekehrt proportional den Individuendichten.

Der Artenminimalraum gibt zugleich die unbedingt einzuhaltende Probengröße an! In Kiefernwaldböden der Insel Hiddensee betrug der Minimalraum für Testaceen 0,2 m*l*. Die Abbildungen 1b und 2b zeigen die lineare Zunahme der Individuendichte mit Ansteigen der Probenzahl. Wie aus der Tabelle 1 noch zu entnehmen ist, steigt das Verhältnis lebender Tiere zu leeren Schalen vom Mull zum Rohhumus hin stark an, und zwar

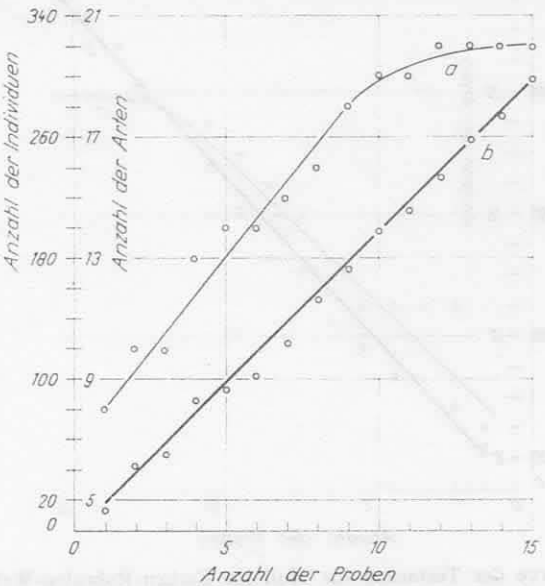

Abb. 2. (a) Artenarealkurve der Testaceen für Moder und Rohhumus. Buchenwald auf podsolierter Braunerde: moderartiger Rohhumus auf Sandboden. Neuglobsow (Bez. Potsdam), April 1972 Probengröße 0,05 m*l*. Arten minimalraum 0,5 m*l*. (b) Lineare Zunahme der Individuendichte mit Anzahl der Proben.
(a) Curves of species-areas for moder and mor (beechwood site, mor-like soil on sand-underground. Neuglobsow (near Potsdam), April 1972. Sample-size: 0,05 m*l*; minimum areas of species: 0,5 m*l*. (b) Linear increase of individuals by numbers of samples.

im Verhältnis 1 : 1,7 im Mull, 1 : 6,5 im Moder und 1 : 17,2 im Rohhumus. Diese Erscheinung wurde zuerst von Volz (1951) beschrieben. Offenbar konserviert die saure Reaktion der Moder- und Rohhumusböden die Schalen besser, als es die Mullböden können. Nach Rosa (1968), der hauptsächlich Nadelwaldböden untersuchte, sollen die leeren Schalen im Laufe eines Jahres zerfallen. Volz fand bei seinen Untersuchungen ein Verhältnis voller zu leerer Schalen im Mull von 1 : 2, im Moder von 1 : 10. Rosa (1962), der bereits sehr genaue quantitative Angaben bringt und sie auf 1 g Boden bezieht, fand im Rohhumusboden ein Schalenverhältnis von 1 : 10. Alle diese Angaben stimmen somit weitgehend überein.

5. Die Artenzahlen der Testaceen-Gemeinschaften

Wir sahen, daß die Individuendichten der Testaceen vom Mull zum Rohhumus hin stark ansteigen. Die bisher für beide Humusbereiche registrierten Artenzahlen hingegen sind fast gleich (Abb. 3); sie liegen etwas über 50.

Diese Gleichheit kommt aber im wesentlichen durch die humusformindifferenten Arten zustande, die in fast allen Böden vorkommen. Die Zahl der Charakterarten für den schwer zersetzbaren Humusbereich liegt jedoch fast um das Doppelte höher als die für den leicht

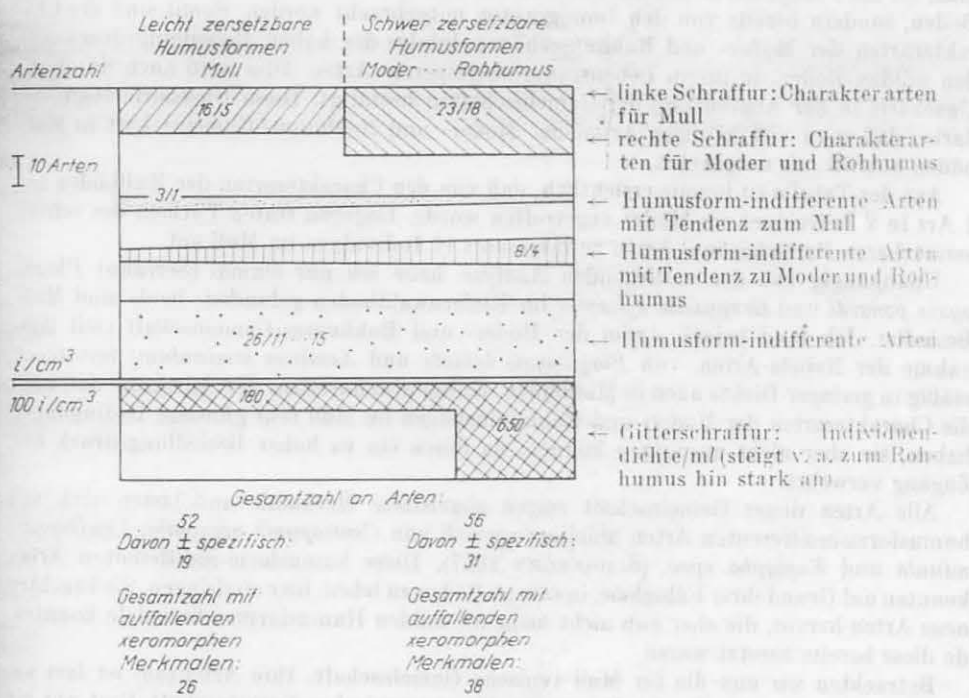

Abb. 3. Verteilungsschema für Artenzahl, Individuendichte und xeromorphe Merkmale der Testaceen in Mull, Moder und Rohhumus. (Zusammengestellt nach eigenen Befunden und nach Angaben von Bonnet et Thomas 1960 und Bonnet 1964.) Die Zahlen vor den Schrägstrichen geben die Artenzahl, dahinter die Zahl der Arten mit auffallenden xeromorphen Merkmalen an.

Distribution of numbers of species, individuals and xeromorphic characters in mull, moder and mor (After Bonnet et Thomas 1960, Bonnet 1964 and own investigations).

zersetzbaren Bereich, also für Mullböden. Auch ist die Zahl der Arten mit deutlich xeromorphen Merkmalen im Moder und Rohhumus deutlich höher als im Mull.

Dies zeigt, daß sowohl quantitativ als auch qualitativ die Testaceen in den schwer zersetzbaren, sauren Humusformen ihre breiteste Entfaltung erfahren haben.

6. Diskussion

Sucht man nach Deutungen dieser Erscheinung, so ist es zunächst interessant zu wissen, daß die übrige Mikrofauna, vor allem aber die übrigen Protozoen, in Ackerböden und Mull ihre höchste Entfaltung zeigen. Diesbezügliche Feststellungen liegen bereits von früheren Autoren vor (SANDOR, 1927; VARGA, 1933); neuere Bestätigungen lieferten STOUT (1968) und BAMFORTH (1971). Dies zwingt zu dem Schluß, daß die Testaceen in den sauren Humusformen einen konkurrenzfreien Lebensraum vorfanden und daß sie die Fähigkeit besaßen, unter den extremen Bedingungen dieser Böden zu leben und sich zu entwickeln. Eine Parallelität in dieser Besiedlung besteht bei den Hochmoor-Sphagneten.

Da ein großer Teil der humusform-indifferenten Arten in fast allen anderen von Testaceen besiedelten Lebensräumen vorkommt und da sowohl die sphagnobionten als auch die pedobionten Arten von den ubiquistischen oder humus-indifferenten Arten abstammen, ist die Fähigkeit, in sauren Böden zu existieren, nicht erst eine Neuerwerbung im Boden, sondern bereits von den Immigranten mitgebracht worden. Somit sind die Charakterarten der Moder- und Rohhumusböden, infolge des hohen Besiedlungsdruckes in den milden Böden, in ihrem Lebensraum eingesperrte Arten. Dies wird auch durch die Unschärfe in der Abgrenzung der Gemeinschaften bestätigt. Diese Unschärfe zeigt sich darin, daß man viel häufiger Arten der Moder- und Rohhumus-Gemeinschaft in Mullböden antrifft, als umgekehrt.

Aus der Tabelle ist bereits ersichtlich, daß von den Charakterarten der Mullböden nur 1 Art in 2 Individuen im Moder angetroffen wurde. Dagegen traten Formen des schwer zersetzbaren Bereiches in 5 Arten zu insgesamt 11 Individuen im Mull auf.

Unabhängig von der vorliegenden Analyse habe ich nur einmal (Serrahn) *Plagiopyxis penardi* und *Geopyxella sylvicola* im Kiefernwaldboden gefunden; beide sind Mull-Besiedler. Ich fand jedoch Arten der Moder- und Rohhumus-Gemeinschaft (mit Ausnahme der Nebela-Arten, von *Plagiopyxis labiata* und *Assulina seminulum*) fast regelmäßig in geringer Dichte auch in Mullböden. Es hat also durchaus den Anschein, daß auch die Charakterarten der Moder- und Rohhumusböden im Mull sehr günstige Bedingungen haben, sie aber nicht ausnutzen können, da ihnen ein zu hoher Besiedlungsdruck den Zugang verwehrt.

Alle Arten dieser Gemeinschaft zeigen abgeleitete Merkmale und lassen sich von humusform-indifferenten Arten ableiten, speziell von *Centropyxis aërophila*, *Centropyxis minuta* und *Euglypha* spec. (SCHÖNBORN 1967). Diese humusform-indifferenten Arten konnten auf Grund ihrer Fähigkeit, in sauren Böden zu leben, hier eindringen. Sie brachten neue Arten hervor, die aber nun nicht mehr die milden Humusformen besiedeln konnten, da diese bereits besetzt waren.

Betrachten wir nun die für Mull typische Gemeinschaft. Ihre Artenzahl ist fast um die Hälfte geringer als die der für sauren Humus typischen Gemeinschaft. Fast nur ein Viertel beträgt die Zahl der Arten, die deutliche xeromorphe Merkmale aufweisen. In dem durch hohe Individuendichten und hohe Artzahlen der Mikrofauna gekennzeichneten Mull fand also die postadaptive Artbildung viel weniger statt als im sauren Bereich. Doch auch diese Arten scheinen in ihrem Bereich „eingesperrt" zu sein. Sie können infolge der hohen Testaceendichte der sauren Böden nicht in diese vordringen. Ihre Beschränkung auf die milden Humusformen ist jedoch größer als die der Arten für Moder und Roh-

humus auf die sauren Humusformen, da ganz allgemein die Lebensbedingungen für Testaceen im Mull günstiger sind als im Rohhumus. Allerdings läßt sich bei einigen dieser Formen eine Bindung an den Faktor „Kalk" nicht ausschließen. Eindeutig ist dies für die Gattung *Paraquadrula*, welche Kalkplättchen sezerniert.

Fast alle Charakterarten der milden und sauren Humusformen sind Neubildungen im Boden. Von den humusform-indifferenten Arten sind nur etwas mehr als die Hälfte außerhalb der Gewässer entstanden, hauptsächlich in den Moosen (Schönborn 1967), weniger im Erdboden selbst. Danach scheint die relativ geringe Artenbildung der auf den Mull beschränkten Formen als letzte von allen Neubildungen stattgefunden zu haben.

7. Zusammenfassung · Summary · Резюме

(a) Es ließ sich eine Testaceen-Gemeinschaft für milden Humus (Mull) und eine für saure Humusformen (Moder, Rohhumus) abgrenzen. Die Mehrzahl der bodenbewohnenden Testaceen ist humusform-indifferent. Innerhalb des Mull gibt es noch Arten, die auf sehr kalkreiche Böden (z. B. Rendzinen) beschränkt sind. Innerhalb der sauren Humusformen ist *Plagiopyxis labiata* auf Rohhumus beschränkt. Diese Ergebnisse bestätigen im wesentlichen die von Bonnet in Frankreich für die einzelnen Humusformen festgestellten Assoziationen.

(b) Die Gemeinschaften wurden quantitativ in bezug auf Individuendichte und Minimalareal der Arten untersucht. Vom Mull zum Rohhumus hin nehmen die Individuendichte und das Verhältnis der Zahl lebender Tiere zu leeren Schalen stark zu, das Arten-Minimalareal dagegen nimmt ab.

(c) Die Zahl der Arten ist für milde und saure Humusformen gleich, die Zahl der Charakterarten für Mull ist aber fast um die Hälfte geringer als die der Charakterarten für Moder und Rohhumus. Auch ist die Zahl der Arten mit xeromorphen Merkmalen im Mull geringer als im sauren Humusbereich.

(d) Die Testaceen zeigen in Moder und Rohhumus ihre quantitativ und qualitativ stärkste Entfaltung. Es wird versucht, diesen Sachverhalt phylogenetisch-ökologisch zu interpretieren.

[Humus and associations of Testacea]

(a) There are association of testacea for mull and acid humus (moder and mor). Most species are indifferent to kinds of humus. In mull, there are species which prefer calcareous mull (rendzina). We found *Plagiopyxis labiata* associated with more. The results corroborate essentially the associations for kinds of humus, which have been found by Bonnet in France.

(b) Numbers of specimens and minimum areas of species are investigated. From mull to acid humus, the numbers of individuals and the proportions of live to dead animals increases, but the minimum areas are reduced.

(c) The numbers of species is equal in mull and acid humus, but the numbers of typical species for mull is nearly less by half, than the numbers of typical species for acid humus. In mull, there are fewer species with xeromorphic characters, than in acid humus.

(d) The testaceen fauna shows the greatest development (quantitative and qualitative) in moder and mor.

а) Можно было ограничить общность Testacea для мягкого гумуса и для сырого гумуса (и гнили). Множество почвенных текамеб не связано с какой-нибудь формой гумуса.

В мягком гумусе бывают и ещё виды, которые живут только в почвах, которые богаты известкой (например Rendzina). В сыром гумусе Plagiopyxis labiata не бывает в гнили.

Эти результаты подтверждают в основном те общности, которые описал Bonnet во Франции для отдельных форм гумуса.

б) Общности исследовали количественно на густоту особей и на минимальный ареал видов. С мягкого гумуса до сырого гумуса густота особей и отношение живых зверей к пустым раковинам осенью сильно увеличиваются, но минимальный ареал видов уменьшается.

в) Число видов у мягкого и сырого гумусов равно, но число характерных видов для мягкого гумуса почти на половину меньше, чем характерные виды для сырого гумуса. Число видов с кресоморфими признаками в мягком гумусе меньше, чем в сыром гумусе.

г) В гниле и сыром гумусе густота особей и число видов текамеб увеличиваются. Попробуют объяснить этот факт филогенетически-экологически.

8. Literatur

Bamforth, S. S., 1967. A microbial comparison of two forest soils of southeastern Louisiana. Proc. La. Acad. Sci **30**, 5—15.

— 1971. The Numbers and proportions of Testacea and Ciliates in litters and soils. J. Protozool. **18** (1), 24—28.

Bonnet, L., 1964. Le peuplement thécamoebiens des sols. Rev. Ecol. sol **1** (2), 123—408.

— et R. Thomas, 1960. Thécamoebiens du sol. In: Faune terrestre et d'eau douce des Pyrénées-Orientales **5**, 103 pp. (Paris).

Coûteaux, M.-M., 1969. Étude de la communauté de Thécamoebiens d'une chênaie à luzule (Moyenne-Belgique). C. R. Acad. Sc. Paris **269**, 335—338.

Heal, O. W., 1964. The use of cultures for studying Testacea (Protozoa: Rhizopoda) in soil. Pedobiologia **4**, 1—7.

Rosa, K., 1962. Mikroedafon im degradierten Kiefernbestand und in Töpfen auf tertiärem Sand in Nová Ves bei České Budějovice. Acta Univ. Carolinae-Biologica-Suppl. 7—30.

— 1968. Der Beitrag zur Forschung des Mikroedafons der Waldböden im Brdy-Gebirge. Sborn. Vys. Skol. zem. v. Praze, Fakulta agronom., Ročnik 41—58.

Sandon, H., 1927. The Composition and distribution of the Protozoan fauna of the soil. Edinburgh and London. 224 pp.

Schönborn, W., 1965. Untersuchungen über die Ernährung bodenbewohnender Testaceen. Pedobiologia **5**, 205—210.

— 1966. Untersuchungen über die Testaceen Schwedisch-Lapplands. Ein Beitrag zur Systematik und Ökologie der beschalten Rhizopoden. Limnologica (Berlin) **4** (3), 519—559.

— 1967. Taxozönotik der beschalten Süßwasser-Rhizopoden. Eine raumstrukturanalytische Untersuchung über Lebensraumerweiterung und Evolution bei der Mikrofauna. Limnologica (Berlin) **5** (2), 159—207.

— 1968. Vergleich der zönotischen Größen, der Verteilungsmuster und der Anpassungsstandards der Testaceen-Taxozönosen in der Biotopreihe vom Aufwuchs bis zum Erdboden. Limnologica (Berlin) **6** (1), 1—22.

Stout, J. D., 1968. The significance of the protozoan fauna in distinguishing mull and mor of beech (*Fagus silvatica* L.). Pedobiologia **8**, 387—400.

Szabó, J., M. Marton und L. Varga, 1964. Untersuchungen über die Hitzeresistenz, Temperatur- und Feuchtigkeitsansprüche der Mikroorganismen eines mullartigen Waldrendsinabodens. Pedobiologia **4**, 43—66.

Varga, L., 1933. Die Protozoen des Waldbodens. In: Fehér, L. (Ed.): Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Berlin, 171—221.

Volz, P., 1934. Untersuchungen über Mikroschichtung der Fauna von Waldböden. Zool. Jb. Syst. **66**, 153—210.

— 1951. Untersuchungen über die Mikrofauna des Waldbodens. Zool. Jb. Syst. **79**, 514—569.

— 1967. Vorarbeiten für ein System der tierischen Boden-Lebensgemeinschaften. In: Graffo, O., und Satchel (Eds.): Beiträge zur Bodenbiologie. Verh. d. Kolloquiums über d. Dynamik d. Bodenlebensgemeinschaft, Braunschweig-Völkenrode, Braunschweig u. Amsterdam, 575—584.

Anschrift des Autors: Dr. habil. W. Schönborn, DDR — 69 Jena, Friedrich-Engels-Straße 15.

8. Literatur

Bamforth, S. S., 1967. A microbial comparison of two forest soils of southeastern Louisiana. Proc. La. Acad. Sci **30**, 5—15.

— 1971. The Numbers and proportions of Testacea and Ciliates in litters and soils. J. Protozool. **18** (1), 24—28.

Bonnet, L., 1964. Le peuplement thécamoebiens des sols. Rev. Ecol. sol **1** (2), 123—408.

— et R. Thomas, 1960. Thécamoebiens du sol. In: Faune terrestre et d'eau douce des Pyrénées-Orientales **5**, 103 pp. (Paris).

Coûteaux, M.-M., 1969. Étude de la communauté de Thécamoebiens d'une chênaie à luzule (Moyenne-Belgique). C. R. Acad. Sc. Paris **269**, 335—338.

Heal, O. W., 1964. The use of cultures for studying Testacea (Protozoa: Rhizopoda) in soil. Pedobiologia **4**, 1—7.

Rosa, K., 1962. Mikroedafon im degradierten Kiefernbestand und in Töpfen auf tertiärem Sand in Nová Ves bei České Budějovice. Acta Univ. Carolinae-Biologica-Suppl. 7—30.

— 1968. Der Beitrag zur Forschung des Mikroedafons der Waldböden im Brdy-Gebirge. Sborn. Vys. Skol. zem. v. Praze, Fakulta agronom., Ročnik 41—58.

Sandon, H., 1927. The Composition and distribution of the Protozoan fauna of the soil. Edinburgh and London. 224 pp.

Schönborn, W., 1965. Untersuchungen über die Ernährung bodenbewohnender Testaceen. Pedobiologia **5**, 205—210.

— 1966. Untersuchungen über die Testaceen Schwedisch-Lapplands. Ein Beitrag zur Systematik und Ökologie der beschalten Rhizopoden. Limnologica (Berlin) **4** (3), 519—559.

— 1967. Taxozönotik der beschalten Süßwasser-Rhizopoden. Eine raumstrukturanalytische Untersuchung über Lebensraumerweiterung und Evolution bei der Mikrofauna. Limnologica (Berlin) **5** (2), 159—207.

— 1968. Vergleich der zönotischen Größen, der Verteilungsmuster und der Anpassungsstandards der Testaceen-Taxozönosen in der Biotopreihe vom Aufwuchs bis zum Erdboden. Limnologica (Berlin) **6** (1), 1—22.

Stout, J. D., 1968. The significance of the protozoan fauna in distinguishing mull and mor of beech (*Fagus silvatica* L.). Pedobiologia **8**, 387—400.

Szabó, J., M. Marton und L. Varga, 1964. Untersuchungen über die Hitzeresistenz, Temperatur- und Feuchtigkeitsansprüche der Mikroorganismen eines mullartigen Waldrendsinabodens. Pedobiologia **4**, 43—66.

Varga, L., 1933. Die Protozoen des Waldbodens. In: Fehér, L. (Ed.): Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Berlin, 171—221.

Volz, P., 1934. Untersuchungen über Mikroschichtung der Fauna von Waldböden. Zool. Jb. Syst. **66**, 153—210.

— 1951. Untersuchungen über die Mikrofauna des Waldbodens. Zool. Jb. Syst. **79**, 514—569.

— 1967. Vorarbeiten für ein System der tierischen Boden-Lebensgemeinschaften. In: Graffo, O., und Satchel (Eds.): Beiträge zur Bodenbiologie. Verh. d. Kolloquiums über d. Dynamik d. Bodenlebensgemeinschaft, Braunschweig-Völkenrode, Braunschweig u. Amsterdam, 575—584.

Anschrift des Autors: Dr. habil. W. Schönborn, DDR — 69 Jena, Friedrich-Engels-Straße 15.